

Leseprobe

Hermann Merz, Thomas Hansemann, Christof Hübner

Gebäudeautomation

Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet

ISBN (Buch): 978-3-446-44662-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-44772-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44662-5>

sowie im Buchhandel.

Vorwort zur 3. Auflage

In unserer modernen Industriegesellschaft werden immer mehr Abläufe und Prozesse automatisiert. Auch in Wohn- und Zweckgebäuden steigt weltweit der Grad der Automatisierung ständig an, weil sich die Bewohner und Betreiber immer mehr Komfort, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit wünschen.

Die Gebäudeautomation hat sich dabei zu einem wichtigen Teilgebiet der Automatisierungstechnik entwickelt und bietet kundengerechte Lösungen für alle Arten von Gebäuden. Die hier eingesetzten Sensoren, Aktoren, Steuer- und Regelgeräte sowie Visualisierungen benötigen zur Abwicklung teils sehr komplexer Funktionen geeignete industrielle Kommunikationssysteme für den Datenaustausch untereinander und ggf. zu externen Systemen. Hierbei kommen insbesondere (Gebäude-)Feldbusse und Computernetze zum Einsatz.

Dieses Buch liefert neben einer Einführung in die Gebäudeautomation und die Gebäudesystemtechnik auch detaillierte Einblicke in folgende Themengebiete:

- Einsatz der DDC-Automationsgeräte und Energiemanagementfunktionen
- Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik
- Europäischer Installationsbus (KNX)
- Local Operating Network (LON)
- TCP/IP-Computernetze und das Kommunikationsprotokoll BACnet.

Für die konstruktiven Rückmeldungen zur 1. und 2. Auflage bedanken wir uns bei allen Leserinnen und Lesern. So konnten wir auch erfahren, dass unser Buch in vielen Schulen, Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten seinen Einsatz findet. Hierüber haben wir uns sehr gefreut. In der vorliegenden 3. Auflage wurden viele Abbildungen aktualisiert, im Kapitel 1 ein Unterkapitel zum Einsatz und zur planerischen Auslegung von DDC-Automationsgeräten ergänzt und im Kapitel 3 eine Umstellung auf die Inbetriebnahme-Software ETS 5 vorgenommen.

Auf der Internetseite <http://www.hanser-fachbuch.de/buch/Gebaeudeautomation/9783446446625> stehen die Lösungen der Übungsaufgaben zum Herunterladen bereit.

Mannheim, im April 2016

Thomas Hansemann
Christof Hübner
Hermann Merz

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung in die Gebäudeautomation | 13 |
| 1.1 | Bedeutung der Gebäudeautomation | 13 |
| 1.1.1 | Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau | 13 |
| 1.1.2 | Automatisierungssysteme in Zweckbauten | 14 |
| 1.2 | Gebäudeautomation vs. Gebäudesystemtechnik | 15 |
| 1.2.1 | Gewerke in der Gebäudeautomation | 17 |
| 1.2.2 | Gewerke in der Gebäudesystemtechnik | 19 |
| 1.3 | Strukturen | 21 |
| 1.3.1 | Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation | 21 |
| 1.3.2 | Hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik | 24 |
| 1.4 | Einsatz der DDC-Automationsgeräte | 25 |
| 1.4.1 | Grundfunktionen der Gebäudeautomation | 25 |
| 1.4.2 | Anlagen-Informationen-Schema | 29 |
| 1.4.3 | Funktionen innerhalb von Lüftungsanlagen | 31 |
| 1.4.4 | Liefer- und Leistungsumfang | 34 |
| 1.5 | Energiemanagementfunktionen | 35 |
| 1.5.1 | Amortisationszeit | 35 |
| 1.5.2 | Energiemanagementfunktionen auf der Automationsebene | 36 |
| 1.5.3 | Energiemanagementfunktionen auf der Managementebene | 39 |
| 1.6 | Komfort- und Energiemanagementfunktionen in der Raumautomation | 43 |
| 1.7 | Genormte Bussysteme und Netze in der Gebäudeautomation | 44 |
| 1.7.1 | Anforderungen | 45 |
| 1.7.2 | Einsatzgebiete | 46 |
| 1.7.3 | Stand der Normung | 48 |
| 1.8 | Übungsaufgaben | 49 |
| 1.9 | Literatur | 50 |

- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik 51**
- 2.1 Industrielle Kommunikation 51
 - 2.1.1 Kommunikation über Feldbusse 51
 - 2.1.2 Kommunikation über Computernetze 52
- 2.2 Digitale Datenübertragung 53
 - 2.2.1 Grundbegriffe 53
 - 2.2.2 Digitales Datenübertragungssystem 57
 - 2.2.3 Quellencodierung/-decodierung 58
 - 2.2.4 Kanalcodierung/-decodierung 60
 - 2.2.5 Leitungscodierung/-decodierung 64
- 2.3 Kommunikation gemäß des ISO/OSI-Referenzmodells 67
 - 2.3.1 Datenübertragung und Kommunikation 67
 - 2.3.2 Regeln zum Ablauf einer Kommunikation 67
 - 2.3.3 Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells 68
- 2.4 Feldbus- und Netztopologien 70
- 2.5 Kanalzugriffsverfahren 70
 - 2.5.1 Kanalzugriff nach Zuteilung 71
 - 2.5.2 Kanalzugriff nach Bedarf 71
- 2.6 Übungsaufgaben 72
- 2.7 Literatur 73

- 3 Der Europäische Installationsbus KNX 74**
- 3.1 Einführende Übersicht 74
 - 3.1.1 Was ist KNX? 74
 - 3.1.2 Historie des KNX 75
 - 3.1.3 Der Nutzen von KNX 75
 - 3.1.4 Motivation für die Beschäftigung mit dem KNX 76
- 3.2 Konventionelle Elektroinstallationstechnik 77
 - 3.2.1 Sicherheitshinweise 77
 - 3.2.2 Aufgabenstellung: Treppenhaus- und Flurbeleuchtung 78
 - 3.2.3 Ausschaltung 79
 - 3.2.4 Wechselschaltung 80
 - 3.2.5 Kreuzschaltung 81
- 3.3 Überblick über den KNX 82
- 3.4 Übertragungsmedien und Eigenschaften von KNX.TP 83
 - 3.4.1 Übertragungsmedien 83
 - 3.4.2 Kriterien für die Auswahl des Übertragungsmediums 84
 - 3.4.3 Eigenschaften von KNX.TP 84

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.5 | Busgeräte | 87 |
| 3.5.1 | Typen und Ausführungsformen | 87 |
| 3.5.2 | Häufig eingesetzte Busgeräte | 88 |
| 3.6 | Topologie | 91 |
| 3.6.1 | Begriffsdefinition | 91 |
| 3.6.2 | Teilnehmer, Linien, Bereiche | 92 |
| 3.6.3 | Spannungsversorgungen | 93 |
| 3.6.4 | Koppler | 94 |
| 3.6.5 | Installationsrichtlinien | 96 |
| 3.6.6 | Blockschaltbilder und genormte Gerätesymbole | 97 |
| 3.7 | Teilnehmeradressierung | 98 |
| 3.7.1 | Physikalische Adressen | 99 |
| 3.7.2 | Gruppenadressen (logische Adressen) | 101 |
| 3.7.3 | Zieladressbit (Adresstyp) | 103 |
| 3.8 | Kommunikationsobjekte | 103 |
| 3.8.1 | Begriffsdefinition | 103 |
| 3.8.2 | Eigenschaften von Kommunikationsobjekten | 104 |
| 3.8.3 | Kommunikationsobjekte von Sensorapplikationen | 105 |
| 3.8.4 | Kommunikationsobjekte von Aktorapplikationen | 106 |
| 3.8.5 | Zuordnung von Kommunikationsobjekten zu Gruppenadressen | 107 |
| 3.9 | Nutzdaten | 109 |
| 3.9.1 | Aufruf von Diensten der Anwendungsschicht | 110 |
| 3.9.2 | EIB Interworking Standard (EIS) | 110 |
| 3.9.3 | Länge der Nutzdaten | 112 |
| 3.10 | Kommunikationsablauf | 112 |
| 3.10.1 | Telegrammarten | 113 |
| 3.10.2 | Struktur eines Standarddatentelegramms | 114 |
| 3.10.3 | Universal Asynchronous Receive Transmit (UART) | 114 |
| 3.10.4 | Busarbitrierung | 115 |
| 3.10.5 | Weiterleitung von Datentelegrammen | 121 |
| 3.10.6 | Datensicherung | 122 |
| 3.10.7 | Bestätigungstelegramme | 123 |
| 3.10.8 | Zeitlicher Ablauf der Kommunikation | 125 |
| 3.11 | Zusammenfassung der Telegrammstrukturen | 127 |
| 3.11.1 | Standarddatentelegramm | 127 |
| 3.11.2 | Bestätigungstelegramm | 130 |
| 3.12 | Hardware | 130 |
| 3.12.1 | „Äußere“ Hardware | 131 |
| 3.12.2 | „Innere“ Hardware | 132 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.13 | Software | 135 |
| 3.13.1 | Überblick | 135 |
| 3.13.2 | Softwarekomponenten eines Kompaktgeräts | 136 |
| 3.13.3 | Softwarekomponenten eines modularen Geräts | 137 |
| 3.13.4 | Systemsoftware | 138 |
| 3.13.5 | Anwendungsprogramme | 138 |
| 3.13.6 | Engineering Tool Software (ETS 5) | 139 |
| 3.14 | Schulungsanlage | 142 |
| 3.15 | Übungsprojekt Lichtsteuerung | 144 |
| 3.15.1 | Kundenauftrag | 144 |
| 3.15.2 | Benötigte Geräte | 145 |
| 3.16 | Projektierung mit der ETS 5 | 145 |
| 3.16.1 | Vorüberlegungen | 145 |
| 3.16.2 | Starten der ETS 5 | 147 |
| 3.16.3 | Neues Projekt anlegen | 147 |
| 3.16.4 | Produktdaten importieren | 147 |
| 3.16.5 | Bereiche und Linien definieren, Geräte einfügen | 148 |
| 3.16.6 | Geräteparameter einstellen | 149 |
| 3.16.7 | Gruppenadressen anlegen | 153 |
| 3.16.8 | Kommunikationsobjekte den Gruppenadressen zuordnen | 154 |
| 3.17 | Inbetriebnahme | 156 |
| 3.17.1 | Hardwareaufbau | 156 |
| 3.17.2 | Programmierung der Geräte | 157 |
| 3.17.3 | Test der Lichtsteuerung | 158 |
| 3.17.4 | Diagnose/Busmonitoring | 158 |
| 3.18 | Trends im Umfeld des KNX | 160 |
| 3.18.1 | Touchscreens | 160 |
| 3.18.2 | Integration der Gebäudesystemtechnik in IP-Netze | 162 |
| 3.19 | Übungsaufgaben | 163 |
| 3.20 | Literatur | 166 |
| 4 | Gebäudeautomation mit LonWorks | 167 |
| 4.1 | Technologischer Wandel in der Gebäudeautomation | 167 |
| 4.2 | Nutzen der LonWorks-Technologie | 169 |
| 4.2.1 | Einsatz in der Gebäudesystemtechnik | 169 |
| 4.2.2 | Einsatz der LON-Technik auf der Automationsebene | 173 |
| 4.3 | Historie der LonWorks-Technologie | 174 |
| 4.3.1 | Einsatzgebiete der LonWorks-Technologie | 175 |
| 4.3.2 | Organisationseinheiten | 175 |
| 4.3.3 | Normung | 176 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.4 | Grundlagen der LonWorks-Technologie | 176 |
| 4.4.1 | Elemente der LonWorks-Technologie | 176 |
| 4.4.2 | Aufbau und Funktionsweise eines LON-Knotens | 178 |
| 4.5 | Informationsübertragung zwischen LON-Geräten | 187 |
| 4.5.1 | Physikalische Netzstrukturen | 187 |
| 4.5.2 | Telegrammstruktur | 191 |
| 4.5.3 | Buszugriffsverfahren und Signalcodierung | 192 |
| 4.5.4 | Logische Netzwerkstrukturen mit Netzwerkvariablen | 193 |
| 4.5.5 | Interoperabilität von LON-Geräten | 196 |
| 4.6 | LonWorks-Tools | 202 |
| 4.6.1 | Entwicklerwerkzeuge LonBuilder und NodeBuilder | 202 |
| 4.6.2 | Inbetriebnahmewerkzeuge | 202 |
| 4.7 | Systemstrukturen der LonWorks-Technologie | 206 |
| 4.7.1 | Gebäudeautomationssystem mit LON | 206 |
| 4.7.2 | Web-Anbindung von LON-Netzen | 207 |
| 4.8 | Applikationsbeispiele | 208 |
| 4.8.1 | Lichtsteuerung über LON | 208 |
| 4.8.2 | Lichtsteuerung mit Panikschtaltung über LON | 210 |
| 4.9 | Übungsaufgaben | 212 |
| 4.10 | Literatur | 214 |
| 5 | BACnet | 215 |
| 5.1 | Einführende Übersicht | 215 |
| 5.1.1 | Was ist BACnet? | 215 |
| 5.1.2 | BACnet-Organisationen | 216 |
| 5.1.3 | Einsatzgebiete | 216 |
| 5.1.4 | Grundkonzepte im Überblick | 218 |
| 5.2 | Bitübertragungsschicht und Sicherungsschicht | 221 |
| 5.2.1 | Master-Slave/Token-Passing | 221 |
| 5.2.2 | Point-to-Point-Verbindung | 225 |
| 5.2.3 | Ethernet | 226 |
| 5.2.4 | Attached Resource Computer Network (ARCNET) | 245 |
| 5.2.5 | LonTalk | 245 |
| 5.3 | Vermittlungsschicht | 246 |
| 5.3.1 | Aufgabe | 246 |
| 5.3.2 | Router | 246 |
| 5.3.3 | BACnet und das Internet Protocol (IP) | 248 |
| 5.3.4 | Transmission Control Protocol (TCP) | 254 |
| 5.3.5 | User Datagram Protocol (UDP) | 257 |

- 5.3.6 Protokolle für die Zuordnung von MAC- und IP-Adressen 257
- 5.3.7 Vernetzung von BACnets über das Internet 259
- 5.4 Anwendungsschicht 261
 - 5.4.1 Dateneinheit und Aufgaben 261
 - 5.4.2 BACnet-Objektkonzept 262
 - 5.4.3 Standardisierte Objekte 265
 - 5.4.4 Dienste 283
 - 5.4.5 Prozeduren 289
- 5.5 BACnet-Geräte und Interoperabilität 291
 - 5.5.1 Interoperabilitätsbereiche (IOB) und -bausteine 292
 - 5.5.2 Device-Profile 294
 - 5.5.3 Protokollumsetzungsbestätigung und BTL-Zeichen 297
- 5.6 Gateways zu anderen Systemen 298
- 5.7 Übungsaufgaben 299
- 5.8 Literatur 303

- Sachwortverzeichnis 304**

2

Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik

■ 2.1 Industrielle Kommunikation



Mit industrieller Kommunikation wird, im Gegensatz z. B. zur Sprachkommunikation zwischen Menschen, die Kommunikation zwischen Geräten der industriellen Automatisierungstechnik bezeichnet.

In einer automatisierten Anlage oder in einem automatisierten Prozess gibt es einen großen Kommunikationsbedarf. In den hierarchischen Ebenenmodellen der Automatisierungstechnik, wie z. B. dem 3-Ebenen-Modell der Gebäudesystemtechnik (siehe Abschnitt 1.3), lassen sich Informationsflüsse innerhalb der einzelnen Ebenen (horizontale Kommunikation) und zwischen den Ebenen (vertikale Kommunikation) unterscheiden (Bild 2.1).

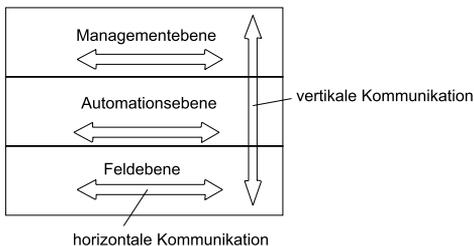


Bild 2.1 Horizontale und vertikale Kommunikation im 3-Ebenen-Modell der Gebäudesystemtechnik

Für die Abwicklung der horizontalen und vertikalen Kommunikation kommen insbesondere industrielle Kommunikationssysteme, wie Feldbusse und Computernetze, zum Einsatz.

2.1.1 Kommunikation über Feldbusse

In der Feldebene (vor Ort, in der Anlage, im Prozess) befinden sich Sensoren und Aktoren, die so genannten Feldgeräte. Typische Funktionen der Feldebene sind Schalten, Stellen, Melden, Messen und Zählen. Busfähige Feldgeräte sind mit Mikrocontrollern ausgestattet

und werden darum als „intelligent“ bezeichnet. Sie versenden und empfangen Bitinformationen in Form von Datentelegrammen über einen Feldbus.



Ein Feldbus ist ein digitaler, serieller Datenbus für die Kommunikation zwischen Geräten der industriellen Automatisierungstechnik, wie z. B. Messeinrichtungen, Reglern und speicherprogrammierbaren Steuerungen [DIN EN 6 1158, DIN EN 6 1784].

Die Feldbustechnik wurde in den 1980er-Jahren im Zuge einer immer weiter voranschreitenden Dezentralisierung von Automatisierungslösungen entwickelt, um die bis dahin übliche parallele Verdrahtung mit analoger Datenübertragung (4 mA ... 20 mA, 0 V ... 10 V) durch digitale Übertragungstechnik mit serieller Datenübertragung zu ersetzen.

Heute werden über Hundert Feldbussysteme am Markt angeboten [GRUHLER00]. Charakteristisch für Feldbusse ist, dass wenige digitale Daten (Bits, Bytes) in kurzer Zeit (μs , ms) übertragen werden müssen. Die Anforderungen an Feldbusse, z. B. die Bitübertragungsrate, die maximale Leitungslänge oder die mögliche Anzahl von Teilnehmern, sind je nach Einsatzgebiet sehr unterschiedlich ausgeprägt, so dass es „den einen“ Feldbus nicht geben kann. In Tabelle 2.1 sind einige Feldbusse mit ihren Haupteinsatzgebieten beispielhaft genannt.

Tabelle 2.1 Beispiele für Feldbusse und ihre Haupteinsatzgebiete

| Feldbus | Haupteinsatzgebiet |
|--|-------------------------------|
| CAN (Controller Area Network) LIN (Local Interconnect Network) | Automobiltechnik |
| Foundation Field Bus Interbus Profibus (Process Field Bus) | Prozess- und Fabrikautomation |
| KNX (Europäischer Installationsbus) LON (Local Operating Network) | Gebäudeautomation |
| SERCOS Interface (Serial Realtime Communication System) | Antriebstechnik |

2.1.2 Kommunikation über Computernetze

Aus der Automationsebene werden Informationen z. B. an Visualisierungs- und Produktionsplanungssysteme auf der Managementebene übermittelt. Hierbei werden im Vergleich zur Kommunikation in der Feldebene größere Datenmengen übertragen, und es steht auch mehr Zeit zur Verfügung. Die Kommunikation in den höheren Automatisierungsebenen wird vorwiegend über Computernetze (Local Area Networks – LANs) abgewickelt.



Ein Computernetz, kurz Netz, ist ein Zusammenschluss (über Leitungen oder Funk) von verschiedenen technischen Systemen (z. B. Leitrechnern, Regelgeräten), so dass die Kommunikation der einzelnen Systeme untereinander ermöglicht wird. Die Kommunikation kann mittels des ISO/OSI-Referenzmodells strukturiert werden und wird nach Maßgabe bestimmter Regeln, so genannter Protokolle, abgewickelt.

In der Gebäudeautomation spielen Netze und das Kommunikationsprotokoll BACnet eine wichtige Rolle. Mittels BACnet können die unterschiedlichsten Geräte und Systeme der Gebäudeautomation Informationen austauschen. Die Datenübertragung kann über folgende Netze erfolgen: MS/TP (Master-Slave/Token-Passing), LON, ARCNET, Ethernet. Zusätzlich werden Wählverbindungen über Telefonnetze unterstützt (siehe Kapitel 5).

■ 2.2 Digitale Datenübertragung

Mittels Feldbussen und Netzen werden automatisierungstechnische Daten aus einer Anlage oder einem Prozess als Folge von Bits, z. B. 01101001, übertragen. Je nach Medium wird bei binärer Übertragung für ein Nullbit und für ein Einsbit jeweils ein bestimmtes Signalelement festgelegt, z. B. ein hoher und ein niedriger Spannungspegel bei Übertragung über eine Kupferleitung. Die Bitfolge wird also vom Sender in ein physikalisches Signal umgewandelt. Beim Empfänger muss dies wieder rückgängig gemacht werden. Dies ist eine typische Aufgabe der digitalen Datenübertragung. Einige wichtige Grundbegriffe aus diesem Teilgebiet der industriellen Kommunikationstechnik werden im Folgenden erläutert.

2.2.1 Grundbegriffe

2.2.1.1 Bits und Bytes

Bit leitet sich aus dem englischen Wort Binary Digit (Binärziffer) ab und ist laut DIN 1301, Teil 1, Beiblatt 1, der Name für die Einheit, welche bei der Datenverarbeitung und der digitalen Übertragung für die Größen Anzahl der Binärenentscheidungen, Entscheidungsgehalt und Informationsgehalt anstelle der impliziten Einheit Eins benutzt wird. Bit ist also demzufolge also eine Einheit für Größen mit der Dimension 1, ähnlich wie Neper und Dezibel bei Pegeln in der Nachrichtentechnik oder Akustik.

Mit n Bits (n binären Datenelementen) lassen sich 2^n Informationen darstellen, z. B. $2^1 = 2$ für $n = 1$ und $2^2 = 4$ für $n = 2$. Um Binärinformationen mathematisch darzustellen, wird das binäre Zahlensystem (Dualzahlensystem) verwendet. Ein Bit kann den Wert 0 (Nullbit) oder den Wert 1 (Einsbit) annehmen. Der Zusammenhang zwischen den (z. B. einstelligen oder zweistelligen) Binärzahlen und der in ihnen enthaltenen Information könnte dann beispielsweise so sein, wie es in Tabelle 2.2 dargestellt ist.

Tabelle 2.2 Beispiele für den Informationsgehalt von einstelligen bzw. zweistelligen Binärzahlen

| Binärzahl | Information | Binärzahl | Information |
|-----------|---------------|-----------|---------------------------|
| 0 | Licht ist aus | 00 | Tank ist leer |
| 1 | Licht ist ein | 01 | Tank ist halb voll |
| | | 10 | Tank ist dreiviertel voll |
| | | 11 | Tank ist voll |

Gemäß DIN EN 60027, Teil 2, ist Bit auch der Einheitenname für die Größe Speicherkapazität (Vorzugsformelzeichen: M). Hierbei ist noch das Datenelement festzulegen, auf das sich die Speicherkapazität bezieht, z. B. Bit oder Byte.

Ein Byte (byte), auch Oktett (octet) genannt, entsteht durch die Zusammenfassung von 8 Bits zu einer Bitgruppe. Für die drei Einheiten Bit, Byte und Oktett werden die Einheitenzeichen gemäß Tabelle 2.3 verwendet.

Tabelle 2.3 Einheitenzeichen für die Einheiten Bit, Byte und Oktett

| Einheit | Einheitenzeichen |
|---------|------------------|
| Bit | bit |
| Byte | B |
| Oktett | o |

Die (dimensionslose) Größe „Speicherkapazität für Bits“, Formelzeichen M_b oder M_{bit} , ist z. B. bei 256 binären Datenelementen anzugeben als $M_b = 256$, worin offensichtlich die Einheit Eins enthalten ist. Häufig schreibt man hierfür jedoch $M_b = 256 \text{ bit}$.

Die Einheitenzeichen bit und B dürfen mit SI-Vorsätzen (für dezimale Vielfache) oder Vorsätzen für binäre Vielfache kombiniert werden, z. B.:

- 1 kbit (sprich: 1 Kilobit) = $(10^3)^1 \text{ bit}$ = 10^3 bit = 1000 bit
- 1 MB (sprich: 1 Megabyte) = $(10^3)^2 \text{ B}$ = 10^6 B = 1 000 000 B
- 1 GB (sprich: 1 Gigabyte) = $(10^3)^3 \text{ B}$ = 10^9 B = 1 000 000 000 B
- 1 Kibit (sprich: 1 Kibibit) = $(2^{10})^1 \text{ bit}$ = 2^{10} bit = 1024 bit
- 1 MiB (sprich: 1 Mebibyte) = $(2^{10})^2 \text{ B}$ = 2^{20} B = 1 048 576 B
- 1 GiB (sprich: 1 Gibibyte) = $(2^{10})^3 \text{ B}$ = 2^{30} B = 1 073 741 824 B

Das Kurzzeichen SI kommt hierbei von Le Système International d’Unités – Das internationale Einheitensystem –, siehe DIN EN 1301, Teil 1.

2.2.1.2 Binär- und Hexadezimalzahlen

Die Darstellung von Bitfolgen durch Binärzahlen führt im Allgemeinen zu unübersichtlichen Zahlenkolonnen, z. B. 0100 1011 0100 1110 0101 1000. In solchen Fällen zieht man die Darstellung durch Hexadezimalzahlen vor. Um eine Binärzahl in eine Hexadezimalzahl umzuwandeln, werden immer 4 Bits zusammengefasst, siehe Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4 Zusammenhang zwischen (vierstelligen) Binärzahlen, Hexadezimal- und Dezimalzahlen

| binär | hexadezimal | dezimal | binär | hexadezimal | dezimal |
|-------|-------------|---------|-------|-------------|---------|
| 0000 | 0 | 0 | 1000 | 8 | 8 |
| 0001 | 1 | 1 | 1001 | 9 | 9 |
| 0010 | 2 | 2 | 1010 | A | 10 |
| 0011 | 3 | 3 | 1011 | B | 11 |
| 0100 | 4 | 4 | 1100 | C | 12 |
| 0101 | 5 | 5 | 1101 | D | 13 |
| 0110 | 6 | 6 | 1110 | E | 14 |
| 0111 | 7 | 7 | 1111 | F | 15 |

Die Bitfolge 0100 1011 0100 1110 0101 1000 lässt sich nun wesentlich kürzer darstellen:

$$4B4E58_{\text{HEX}}$$

Man kann Bitfolgen auch als Folge von Bytes darstellen, wobei je 4 Bits eines Bytes durch eine Hexadezimalzahl dargestellt werden, im Beispiel:

$$4B_{\text{HEX}}, 4B_{\text{HEX}}, 58_{\text{HEX}} \quad \text{oder} \quad 0x4B, 0x4E, 0x58$$

2.2.1.3 Bitrate

Die binäre Digitrate, meist als *Bitrate* bezeichnet, Vorzugsformelzeichen r_b oder r_{bit} , ist definiert als Kehrwert der Bitperiode, Vorzugsformelzeichen T_b oder T_{bit} :

$$r_b = \frac{1}{T_b}$$

Die Einheit der Bitrate r_b ist also Sekunde hoch minus eins:

$$[r_b] = \frac{1}{s} = s^{-1}$$

Die Bitrate wird aber gewöhnlich in Bit durch Sekunde, Einheitenzeichen bit/s, angegeben. Dabei wird die Bezeichnung Bit, obwohl sie in diesem Zusammenhang keine Einheit kennzeichnet, als Einheit anstelle der impliziten Einheit Eins verwendet [DIN EN 60027-2:2007]. Das Einheitenzeichen bit/s darf mit Vorsätzen kombiniert werden, z.B. kbit/s oder Mbit/s.

Analog zur Bitrate ist die Byterate r_B definiert. Sie wird gewöhnlich in Byte durch Sekunde, Einheitenzeichen B/s, angegeben. Vorsätze, z.B. kB/s oder MB/s, sind erlaubt.

Beim KNX werden z. B. rund 9600 Bits pro Sekunde übertragen, d. h., es ist:

$$r_b \approx 9600 \frac{\text{bit}}{\text{s}} = 9,6 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$$

2.2.1.4 Modulationsgeschwindigkeit

Die Modulationsgeschwindigkeit (auch: Schrittgeschwindigkeit), Vorzugsformelzeichen r_m oder u , ist der Kehrwert der kürzesten Dauer eines Signalelements (siehe Abschnitt 2.2.5). Die Einheit von r_m bzw. u ist Baud nach dem französischen Telegrafentechniker Jean-Maurice-Émile Baudot (1845 – 1903). Das Einheitenzeichen ist Bd. Baud ist ein spezieller Name für „Sekunde hoch minus eins“. Der Ausdruck Baud darf mit Vorsätzen kombiniert werden, z. B. kBd oder MBd.

2.2.1.5 Zusammenhang zwischen Bitrate und Modulationsgeschwindigkeit

Bei binären Signalen werden für die Leitungscodierung der beiden möglichen Zustände (Werte) eines Bits zwei Signalelemente verwendet. Dies bedeutet, dass die Maßzahlen der Bitrate r_b und der Modulationsgeschwindigkeit r_m (bzw. u) gleich groß sind, da je Schritt genau ein Bit übertragen wird. (Schritt bedeutet hierbei das Versenden eines Signalelements.)

Man kann aber auch beispielsweise 2 Bits (ein Dibit) je Schritt übertragen, indem man 4 verschiedene Signalelemente definiert und jeder Bitkombination eines davon zuordnet (Tabelle 2.5). (Wie die Signalelemente aussehen können, wird in Abschnitt 2.2.5 erläutert).

Tabelle 2.5 Zuordnung von Bitkombinationen zu Signalelementen

| Bitkombination (Dibit) | Signalelement |
|------------------------|---------------|
| 00 | 1 |
| 01 | 2 |
| 10 | 3 |
| 11 | 4 |

Der Bitkombination „10“ beispielsweise wird das Signalelement 3 zugeordnet. Die Bitrate ist jetzt doppelt so groß wie die Modulationsgeschwindigkeit, denn bei einem Schritt werden zwei Bits versendet. Allgemein lässt sich der Zusammenhang zwischen Bitrate und Modulationsgeschwindigkeit (mit n : Anzahl der Signalelemente) durch die folgende Formel beschreiben:

$$r_b = \text{lb}(n) \cdot r_m = \text{lb}(n) \cdot u$$

2.2.2 Digitales Datenübertragungssystem

Mit Hilfe eines digitalen Datenübertragungssystems werden Bits von einer Quelle über einen Kanal zu einer Senke übertragen. Bild 2.2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Systems.

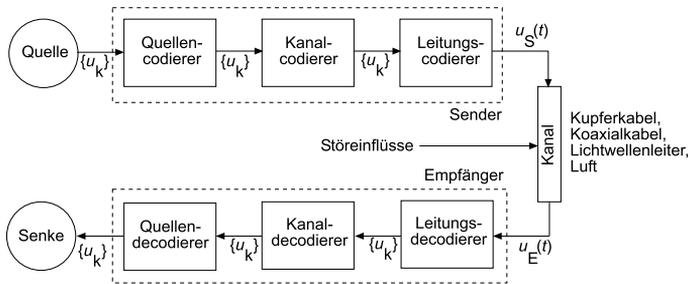


Bild 2.2 Prinzipieller Aufbau eines digitalen Datenübertragungssystems

Die Bits einer Quelle können z. B. den aktuellen Zustand eines Prozesses beschreiben, was auch als Prozessabbild bezeichnet wird:

- Motor 1 läuft (codiert mit 1)
- Motor 2 läuft nicht (codiert mit 0)
- Tank 1 ist voll (codiert mit 1)
- Tank 2 ist leer (codiert mit 0)

Dieses von binären Sensoren gelieferte Prozessabbild (1010) muss dann über einen Feldbus oder ein Computernetz (als Kanal) z. B. an eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) als Empfänger übertragen, dort gespeichert und weiterverarbeitet werden. Die Speicherstelle in der SPS entspricht der Senke im Sinne der Datenübertragung.

Der Sender entnimmt die zu übertragenden Bits der Quelle. Die Bitfolge durchläuft dann im Allgemeinen die Komponenten Quellen-, Kanal- sowie Leitungscodierer und gelangt schließlich als physikalisches Signal $u_S(t)$ auf den Kanal. Bei leitungsgebundener Übertragung über die Kanäle Kupfer- oder Koaxialkabel handelt es sich meist um Spannungssignale. Es können aber auch Lichtsignale sein, die in Lichtwellenleiter eingespeist werden, oder Funksignale mit der Luft als Kanal. Die Eigenschaften des Kanals selbst und äußere Störeinflüsse verformen das Sendesignal. Der Empfänger mit den Komponenten Leitungs-, Kanal- und **Quellendecodierer** rekonstruiert aus dem Empfangssignal $u_E(t)$ die Quellenbitfolge und speichert sie in der Senke.

Die einander entsprechenden Komponenten von Sender und Empfänger haben die in Tabelle 2.6 aufgeführten Aufgaben zu erfüllen.

Tabelle 2.6 Komponenten von Sender und Empfänger und ihre Aufgaben

| Komponente | Aufgabe |
|--------------------|---|
| Quellencodierer | Entfernen von redundanten Datenbits der Quelle |
| Quellendecodierer | Hinzufügen der redundanten Datenbits der Quelle |
| Kanalcodierer | Hinzufügen von Bits zwecks Datensicherung, verbunden mit einer Redundanzserhöhung |
| Kanaldecodierer | Entfernen der Datensicherungsbits |
| Leitungscodeierer | Umwandlung der Bitfolge in ein physikalisches Signal |
| Leitungsdecodierer | Umwandlung des physikalischen Signals in eine Bitfolge |

2.2.3 Quellencodierung/-decodierung

Bei der Übertragung von Bits versucht man immer, möglichst wenig Bits für eine bestimmte Information zu verwenden, um Übertragungszeit einzusparen. Man nützt aus, dass bestimmte Bitkombinationen eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit haben als andere, und codiert die Quellencodewörter so um, dass den am häufigsten vorkommenden die kürzesten Codewörter zugeordnet werden und den am seltensten vorkommenden die längsten. Dadurch erreicht man eine Reduzierung der im Mittel benötigten Codewortlänge. Eine häufig eingesetzte Umcodierungsmethode ist die Shannon-Fano-Codierung. Ein Beispiel soll die prinzipielle Vorgehensweise bei dieser Methode zeigen.

Eine Quelle liefere vier (nicht gleichwahrscheinlich auftretende) Symbole, z. B. vier 8-Bit-Messwerte A, B, C und D, die allgemein Quellencodewörter genannt werden:

A : 01000001 B : 01000010 C : 01000011 D : 01000000

Eine naheliegende Vorgehensweise wäre es nun, die vier Symbole wie folgt umzucodieren:

A : 01 B : 10 C : 11 D : 00,

da die ersten 6 Bits identisch sind, und zu übertragen (Aufwand: 2 bit je Symbol). Der Empfänger würde bei Erkennen der Bitkombination 11 wissen, dass der 8-Bit-Messwert 01000011 aufgetreten ist, bei den anderen entsprechend. Allerdings bleibt hierbei unberücksichtigt, dass die Symbole bzw. Messwerte nicht gleichwahrscheinlich auftreten.

Die einzelnen Symbole mögen folgende Auftretenswahrscheinlichkeiten P haben:

$$P(A) = 0,5 \quad P(B) = 0,125 \quad P(C) = 0,25 \quad P(D) = 0,125$$

(Die Wahrscheinlichkeit, dass einer der Messwerte auftritt, ist 1, also das sichere Ereignis.)

Bei der Umcodierung nach Shannon-Fano geht man nun wie folgt vor:

- Sortiere die Symbole nach fallender Auftretenswahrscheinlichkeit!

| A | C | B | D |
|-----|------|-------|-------|
| 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,125 |

(B und D könnte man auch vertauschen.)

- Bilde zwei Gruppen von Symbolen mit (möglichst) gleicher Auftretenswahrscheinlichkeit!

| A | C | B | D |
|-----|------|-------|-------|
| 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,125 |

0,5
0,5

- Ordne den Spalten der linken Gruppe die 0 und den Spalten der rechten Gruppe die 1 zu!

| A | C | B | D |
|-----|------|-------|-------|
| 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,125 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |

- Wiederhole die Schritte 2 bis 3 so lange, bis jedes Symbol eindeutig umcodiert ist!

| A | C | B | D |
|-----|------|-------|-------|
| 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,125 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 0 | 1 | 1 |
| | | 0 | 1 |

Den Symbolen (hier: Messwerten) A bis D sind nun folgende Codewörter zugeordnet:

A:0 B:110 C:10 D:111

Auf den ersten Blick scheint es, als hätte man durch die Umcodierung nichts gewonnen, denn es werden sogar 9 Bits statt 8 benötigt. Aber da ja das Symbol A, welches mit nur einem Bit codiert ist, im Mittel 4-mal vorhanden ist, wenn 8 Bits gesendet werden, z. B.

ACBAACAD oder CAABADAC oder ADABACAC,

ergibt sich schließlich doch eine Reduzierung der im Mittel benötigten Codewortlänge:

$$1 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,5 + 3 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,125 + 2 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,25 + 3 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,125 = 1,75 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}}$$

Auch die Redundanz (Weitschweifigkeit) der Quellencodewörter wird durch die Umcodierung verringert. Beispielsweise sind die führenden 6 Bits (010000) bei allen vier Messwerten gleich. Nur die 2 letzten Bits unterscheiden sich. Dort steckt die Information, die übertragen werden muss. Die anderen Bits sind redundant, denn sie liefern keine neue Information.

Ein letztes Beispiel zur Redundanz aus dem Bereich der Mathematik sei noch ergänzt. Wenn für drei Variablen gilt:

$$A = B, \quad B = C, \quad A = C,$$

dann ist eine der drei Gleichungen überflüssig (redundant), denn die Information

$$A = B = C$$

lässt sich mit nur zwei Gleichungen beschreiben.

Bei der Datenübertragung auf der Feldebene ist es generell schwierig, Auftretenswahrscheinlichkeiten für die vorkommenden Quellencodewörter anzugeben, bzw. die Redundanz der Quellencodewörter ist gering. Daher wird bei Feldbusübertragungen im Allgemeinen auf die Quellencodierung/-decodierung verzichtet.

2.2.4 Kanalcodierung/-decodierung

Bei der Übertragung von Bits treten immer wieder Fehler auf, d. h., es wird ein Einsbit gesendet und ein Nullbit empfangen oder umgekehrt. Es ist eine Erfahrungstatsache, dass es keine sichere Datenübertragung gibt und Übertragungsfehler im Allgemeinen zufällig auftreten. Bei Wiederholung der Datenübertragung tritt der Fehler in der Regel nicht mehr auf.

Die Aufgabe der Kanalcodierung ist es, die zu sendende Bitfolge so umzugestalten, dass eine möglichst sichere Datenübertragung ermöglicht wird. Dies bedeutet, dass entweder

- Fehler (auf der Empfängerseite) entdeckt werden und die Datenübertragung wiederholt wird – das ist die häufigste Methode –, oder dass
- Fehler entdeckt und korrigiert werden.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, werden der zu sendenden Bitfolge häufig zusätzliche Bits hinzugefügt, was die Redundanz zwar erhöht, aber dafür eine Datensicherung ermöglicht. Drei oft verwendete Verfahren der Kanalcodierung:

- Paritätsprüfung,
- Kreuzparitätsprüfung (auch: Blockprüfung) und
- zyklische Redundanzprüfung (Cyclic Redundancy Check – CRC)

werden nachfolgend beschrieben.

Sachwortverzeichnis

A

Abdeckrahmen 90
Abhängigkeit 45
Abluft 37
Abrechnungssystem 41
Abschaltphase 38
Abschlusswiderstand 188, 209
Abwasser 17
ACCUMULATOR 283
ACK 123, 124
Adernpaar 85
Adress 233
– -klasse 249
– -tabelle 233, 235
Adresse 82, 95
– Gruppen- 101, 107
– physikalische 99
Adressierung 101
– 2-Ebenen 101, 153
– 3-Ebenen 102
Adressierungsbereich 190
Aggregate 22
Akkumodul 88
Aktor 21f.
Alarm 173
– -anlage 173
– -telegramm 118
Alarm- und Ereignis-Dienste 285
Alarm- und Ereignisprioritätsgruppen 287
Algorithmic Change Reporting 287
Amortisationszeit 35
amortisiert 36
Analog-Ausgabe-Objekt 269
Analog-Eingabe-Objekt 266, 268
ANALOG_INPUT 268

ANALOG_OUTPUT 269
Analogregler 38
ANALOG_VALUE 269
Analogwert-Objekt 269, 271
Anfahrerschaltung 33
Anfrage 196
Anlage 51
– betriebstechnische 17, 21
Anlagenbetriebszeit 39
Anlagen-Informations-Schema 29
Anschluss 131
– -bedingungen 131
– -bild 131
– -klemme 88, 131
– -leistung 40
Antwort 196
Anwendungs 88
– -modul 88, 90, 134
– -programm 107, 138
– -schicht 105
– -schnittstelle 133f.
APB-Datei 205
APDU 220, 261
Applikation 68, 136
Applikationsprogramm 138
ARCNET 245
arp -a 257
ARP-Tabelle 257
ASCII-Zeichen 72
ASHRAE 215
AST 90, 133f.
– AST-Typ 16 137
asynchrone Datenübertragung 222
Atomic 289
Attribute 104
Aufretenswahrscheinlichkeit 58
Ausbaureserve 93

Ausgleichsimpuls 86
Ausschalter 79
Ausschalttelegramm 106, 108
Ausschaltung 79
Außenbeleuchtung 13
Außenluft 37
Außentemperatur 36
Austauschbarkeit 183
Automationsebene 19, 49, 173, 217
Automatisierungsfunktionen 13
Automatisierungssysteme 14
Auto Negotiation 230
Auto Sensing 231
AVERAGING 270

B

Backbone 186, 190
Backup 289
BACnet 48, 215
– BACnet Advanced Application Controller (B-AAC) 296
– BACnet Application Specific Controller (B-ASC) 296
– BACnetArray 263
– BACnet Building Controller (B-BC) 295
– BACnet Device Profiles 294
– BACnet/IP 260
– BACnet Operator Workstation (B-OWS) 294
– BACnet-Prioritätsstufen 290
– BACnet-Router 296
– BACnet-Schichten 219
– BACnet Smart Actuator (B-SA) 296
– BACnet Smart Sensor (B-SS) 296

Bandbreiten-Längen-Produkt 240
 Barcodeleser 182
 Basis-Emitter-Spannung 117
 Baud 56
 Bauform 130 f.
 Baumtopologie 70, 92
 BBMD 261
 Bedienstation 47
 Bedienteil 208
 Beleuchtung 14
 Bereich 92
 Bereichslinie 100
 Beschriftungsbogen 88, 99
 Bestätigungsnummer 255
 Betriebskalender-Objekt 272
 Betriebskosten 35 f.
 Bewegungsmelder 13
 BIBBs 292
 BIG-EU 216
 BIM M113 134
 Binär-Ausgabe-Objekt 271
 Binär-Eingabe-Objekt 270
 BINARY_INPUT 271
 BINARY_OUTPUT 271
 BINARY_VALUE 271
 Binärzahl 53 f.
 Binding 210 f.
 Binding-Tool 195
 Biphasen-L 65
 B/IP PAD 259
 Bit 53
 - folge 53
 - höchstwertiges 114
 - niedrigstwertiges 114
 - periode 55, 64
 - rate 55
 - Reihenfolge auf dem Bus 115
 - übertragungsschicht 69, 70
 Blinksignale 182
 Block 61
 - prüfung 60
 - schaltbild 97
 - sicherungsverfahren 122
 Bluetooth 243
 Brandfall 172
 Brandlast 76
 Brechungsindex 238
 Bridge 233
 Broadcast 224, 236, 245, 260
 - Domäne 234, 236
 - Rahmen 234
 BTA 17
 BTA-Schnittstelle 22, 29

BTL-Zeichen 298
 Buchungssystem 37
 Bus 84
 - aktivität 86, 115
 - ankoppler 88, 90
 - arbitrierung 96, 115, 118 f.
 - belastung 189
 - geräte 51, 87
 - interfacemodul 134
 - koppler 168, 179, 183
 - last 189
 - monitor 142, 158
 - spannung 89
 - zugriffskonflikt 115, 119
 Busgerät 87
 - Aufputz- 88
 - Einbau- 88
 - kompakt 88
 - modular 88
 - Reiheneinbau- 88
 - Unterputz- 87
 BUSY 123 f.
 Byte 54
 Byterate 55

C

Cable sharing 228
 CALENDAR 272
 Change Of Value 285
 Channel 190
 Client 217
 Client-Server-Prinzip 203
 Code 58
 - Differential-Manchester- 66, 193
 - Manchester- 65
 - NRZ- 64
 - wörter 58
 - wortlänge 58
 COMMAND 272
 COS 285
 COV 285
 CRC 60, 62
 - 16-Prüfpolynom 62
 - Prüfsumme 245
 Cross-over-Kabel 231
 CSMA 71, 192
 CSMA/CA 71, 115 ff., 120
 CSMA/CD 232

D

Dämpfung 227, 239
 Dämpfungswerte 240
 Darstellungsschicht 220
 Datei-Objekt 275
 Dateizugriff-Dienste 288
 Daten 53
 - bitfolge 62
 - bits 114
 - einheit 220
 - punktliste 25
 - sicherung 62
 - typ 263
 - übertragung 53
 - zeichen 61
 DDC 217
 DDC-Baustein 16, 18, 23
 Destination Address Flag 103
 deterministisch 225
 Device 264, 274
 - Objekt 273
 - Template 204
 Device- und Netzmanagement-Dienste 287
 Dibat 56
 Dienst 68, 105, 110
 Differenzspannung 85
 Digitrate 55
 Dimmbefehl 111
 Dimmen-Stopp-Telegramm 106
 Display 24
 Divisionsrest 63
 Domain 191
 dominant 116
 Drossel 86
 Drucktaste 182
 Dualzahlensystem 53
 Dunkler-Dimmen-Telegramm 106
 Durchschleifung 185

E

Ebenenmodell 21, 24, 51
 Echelon 47
 EEPROM 99, 180
 EIA-485 187, 224
 EIB 46
 EIBA 46, 75
 Eingabe- und Ausgabebeschaltung 181
 Einheitensystem 54
 Einheitenzeichen 54

Einsatzgebiete 175
 Einsbit 53, 86
 Einschalttelegramm 106, 108
 Einzelmeldung 167
 Einzelprozessor 176
 Einzelraumregelung 20
 EIS 110
 – Typ 1 110
 – Typ 2 111
 Elektroinstallationshandwerk 46
 EN 49
 Endebit 114
 Energie 17, 40
 – -beratung 41
 – -controlling 41
 – -einsparcontracting 42
 – -einsparpotenzial 36
 – -einsparung 41
 – -erhaltungssatz 223
 – -kosten 38
 – -kostenrechnung 36
 – -managementfunktion 36, 38 ff.
 – -sparlampen 186
 – -verbrauchskosten 36
 – -verbrauchsoptimierung 36
 – -versorger 40
 – -versorgungsnetz 91
 – -zähler 187
 Enthalpie 37
 – -steuerung 37
 Ereigniskategorie-Objekt 274
 Ethernet 66, 226
 Ethernet-Varianten 227
 ETS 5 135, 139, 145
 EVENT_ENROLLMENT 274

F

Facility-Managementsystem 23
 Fast Ethernet 228
 Feld 49
 – -bus 52
 – -bustechnik 52
 – -ebene 49, 51, 217
 Fenster 256
 FILE 275
 Filterfunktion 121
 Filterung 102, 190
 FIP 49
 Firewall 238
 Flag 109
 Flanke 65, 86, 193

Flankenwechsel 193
 Flexibilität 15
 FND-Protokoll 49
 Freie-Topologie 184
 Frequenzband 186
 Frostschutzüberwachung 31
 Frostschutzwächter 21, 31
 FT 5000 185
 FTT-10A 183 f.
 Funksysteme 243
 Funktionsprofil 196 f., 204, 209, 212
 Funkübertragung 187
 FZE 1066 133

G

galvanisch 91
 Gateway 203, 298
 Gebäude 13
 – -automation 16, 18
 – -automationsstruktur 48
 – -erstellungskosten 35
 – -funktionen 75
 – -leittechnik 19
 – -systemtechnik 15 f., 19, 74
 Gefahrenmelder-Objekt 276
 Gewerke 20, 43
 Gibibyte 54
 Gigabyte 54
 Glasfaser 238
 Glasfaserübertragung 242
 Gleichanteilfreiheit 66
 Gleichspannungsfreiheit 64
 Gleichtaktstörungen 223
 Grad 63
 Großverbraucher 40
 GROUP 276
 Grunddatentypen 263
 Grundfunktionen 25
 Grundplatine 178
 Gruppenadressfenster 153
 Gruppenauftrag-Objekt 272
 Gruppen-Objekt 275

H

Halbduplex 223, 235
 Halbduplex-Betrieb 243
 Halbleiterlaser 241
 Halbrouter 225
 Handwerksbetrieb 17
 Hardware 130
 Hauptgruppe 102

Hauptlinie 92, 95
 Hauptübertragungsleitung 186
 Hebeanlage 17
 Heizbetrieb 38
 Heizkörper 20, 172
 Heizungsanlage 36
 Heizungsregler 40, 205
 Heizventil 194
 Heller-Dimmen-Telegramm 106
 Helligkeitswert 106
 Herzschlagfunktion 195
 Hexadezimalcode 160
 Hexadezimalzahl 54
 HKL-Anlagen 18
 Höchstlast 40
 – -bedarf 40
 – -begrenzung 40
 Hop 250
 Hop-Count 247
 Hub 234

I

I_am-Dienst 288
 ICMP 253
 Identifikationsnummer 182
 IEC 49
 IEEE 243
 I_have-Antwort 288
 Inbetriebnahme 141
 Inbetriebnahmetool 178, 199, 205
 Industrial Ethernet 226
 Informationsliste 25
 Installationsrichtlinien 96 f.
 Installationstechnik 76, 170
 Interoperabilität 178, 219, 291
 Interoperabilitätsbereiche 292
 Intrinsic Reporting 286
 Investition 36
 IOB 292
 – IOB Alarm- und Ereignisverarbeitung 293
 – IOB Device- und Netzwerkmanagement 294
 – IOB Gemeinsame Datennutzung 292
 – IOB Trendaufzeichnung 293
 – IOB Zeitplan 293
 IP 248
 – IP-Adressen 248
 – IP-Gateway 163
 – IP-Header 252

ipconfig /all 259
 ISO 49, 68
 ISO/OSI-Modell 180, 219
 ISO/OSI-Referenzmodell 67

J

Jalousieaktor 16

K

Kabelbruch 202
 Kabeleigenschaften 228
 Kälteenergieeinsparung 37
 Kältespeicher 38
 Kaltgerätestecker 142
 Kanal 57
 - -bandbreite 66
 - -codierer 58
 - -codierung 60
 Kanalzugriff 70
 - deterministischer 71
 - nach Bedarf 71
 - nach Zuteilung 71
 Kartenleser 37
 Kategorie-5-Kabel 228
 Kerndurchmesser 240 ff.
 Key Card 37
 Kibibit 54
 Kilobit 54
 Klappenstellung 37
 Klappensteuerung 21
 Klemmblock 88
 Klemmleiste 22
 Knoten 176
 Knotenanzahl 189
 Knotenzahl 193
 KNX 46, 49, 74 f.
 KNXnet/IP 83, 84
 KNX.PL 83
 KNX.RF 83 f.
 KNX.TP 83 f.
 Koaxialkabel 231
 Koaxialleitung 187
 Kollision 117, 232
 Kollisionsdomäne 233 f.
 kollisionsfrei 70
 Komfort 15
 Komfortfunktion 43
 Kommunikation 51, 67
 - horizontal 51
 - vertikal 51
 Kommunikationsdienst 110
 Kommunikationsmodul 132

Kommunikationsobjekt 103
 - empfangendes 107
 - sendendes 107
 - Zuordnung 108
 Kommunikationsprotokoll 177
 Kommunikationssystem 45
 Kompaktgerät 133
 Konfigurationsparameter 196,
 199, 210
 Konnex Association 46, 75
 Konstantlichtregelung 172
 Kontrollbitfolge 62
 Kontrollfeld 113 f.
 Konventionelle Installations-
 technik 170
 Koppler 94
 Kostenzuordnung 41
 Kreuz 81
 - -parität 122
 - -paritätsprüfung 60 f.
 - -schalter 81
 - -schaltung 81
 Kühl- und Heizbetrieb 38
 Kühlung 15

L

LAN 218
 Längenangabe 112
 Lastenheft 144
 Laststromkreis 89
 LED-Farben 139
 Leistungsfähigkeit 15
 Leistungspreis 40
 Leitreechner 18 f., 23, 41, 172
 Leitstand 44
 Leitsystem 167
 - zentrales 167
 Leitungs 56
 - -codierer 57 f.
 - -codierung 56
 - -länge 97
 - -segment 94, 189
 - -treiber 224
 - -verlegung 186
 Leuchtdiode 171
 Licht 13, 45
 - -steuerung 13, 47, 79
 - -wellenleiter 84
 Liefer- und Leistungsumfang 34
 LIFE_SAFETY_POINT 276
 LIFE_SAFETY_ZONE 277
 Linien 92
 - -segment 89

- -topologie 70
 - -verstärker 94, 121
 Link Pulses 230
 Lizenz 139
 LNS-Datenbanksystem 203
 Local Collision 233
 Localhost-Adresse 250
 LON 47, 167
 - LON-Nutzer-Organisation 175
 - Telegrammstruktur 191
 LonBuilder 178, 202
 LonMaker 178, 203, 208
 LonMark 47
 LonTalk-Protokoll 177
 LonWorks 47
 - Network-Service 174, 203
 LOOP 277
 LPT 184 f., 187, 209
 LPT-10 184
 Luftqualität 43
 Lüftungsanlage 14, 21, 22

M

MAC-Adresse 233, 244, 257
 Managementebene 19, 49, 217
 Mantelleitung 84
 Master-Slave-Verfahren 71
 Materialdispersion 241
 Maximalausbau 95
 Mebibyte 54
 Megabyte 54
 Mehrstufige-Ausgabe-Objekt
 279
 Mehrstufige-Eingabe-Objekt
 278
 Mehrstufiger-Wert-Objekt 279
 Melden 26
 Meldung bei Wertänderungen
 285
 Meldungsklassen-Objekt 279
 Messen 27
 Microsoft Visio 204
 Mikrocontroller 130, 134
 Mindestspannung 89, 96
 Mittelgruppe 102
 Mittelwert-Objekt 269
 MLT-3 228
 Modendispersion 240
 Modul 183
 Modulationsgeschwindigkeit
 56
 Monomode-2-Rechnung 63
 Monomode-Fasern 241

MSR-Technik 18
 MS/TP 221
 Multicast 244
 Multimedia 44
 Multimode-Fasern 241
 Multipoint-Bussystem 223
 MULTISTATE_INPUT 278
 MULTISTATE_OUTPUT 279
 MULTISTATE_VALUE 279
 Mustervorlagen 204

N

Nachtabsenkung 40
 Nachtkühlbetrieb 38
 NAK 123f.
 Network Address Translation 251
 Netz 53
 – -ausdehnung 187
 – -auslastung 232
 – -maske 249, 254
 – -nummerierung 265
 – -teil 181, 188
 Netzwerk 91
 – -graph 92
 – -schnittstelle 183
 – -variable 194, 200, 210
 Neuron-C 202
 Neuron-Chip 174, 176, 179
 Neuron-ID 182
 Niederspannungsnetz 79, 89
 NodeBuilder 202
 Norm 167, 176
 Normaltelegramm 118
 Normung 48
 NOTIFICATION_CLASS 280
 NPDU 220
 Nullbit 53, 86
 Nullenergieband 38
 Nummernvergabe 265
 Nutzdaten 109
 Nutzdatenbytes 112
 Nutzerverhalten 15
 nvi 194
 nvo 194
 NXE-Datei 205

O

Object Identifier 264
 Objekt 197, 209, 218, 262
 objektinternes Melden 286
 Objektzugriff-Dienste 284

Oktett 54
 Oszilloskop 85

P

Packet-Assembler-Disassembler 259
 Panikschaltung 14, 44, 173, 210
 Parallelschaltung 94
 Parameter 138
 – -dialog 139, 149
 Parametrierung 139
 Parität 61
 – gerade 61
 – ungerade 61
 Paritätsbit 61, 114
 Paritätsprüfung 60
 Parlamentsbauten 217
 PCI-Steckkarte 203
 PCMCIA-Karte 203
 Peer-to-Peer-Verbindung 19
 Pegel 66, 86
 – -wechsel 66
 PEI 133
 Personenschutz 79
 PE-Schutzleiter 79
 Photodioden 241
 PICS 297
 ping 253
 Pipelining 256
 Platine 183
 PLT 186
 PLT-30 187
 Plug-in 204
 Polung 185, 189, 193
 Polynomdivision 63
 Port 233
 Portnummer 256f.
 Potenzialdifferenz 86
 Potenzialerhöhung 223
 Power-Line 186
 Power-over-Ethernet 231
 Präambel 226
 Präsenzmelder 20, 37
 Präsenztaster 171
 Primärbereich 242
 Priorisierung von Aufträgen 289
 Priorität 118
 – Alarm- 118
 – hohe 118
 – niedrige 118
 – System- 118
 Prioritätenfenster 193
 Privathaushalt 40

Produkt 14
 – -daten 140, 147
 – -datenbank 138, 148, 175
 Profibus 49
 PROGRAM 281
 Programmier-LED 131, 150
 Programmier-taste 131, 138, 141
 Programmierung 157
 Programm-Objekt 280
 Projektdaten 140
 Projektierung 140
 Projektspeicher 140
 Property 263, 265
 Protokoll 45, 68
 – -dateneinheiten 69
 – -umsetzungsbestätigung 297
 Prozess 51
 – -abbild 57
 – -automation 167
 Prüfbit 61
 – -folge 62
 Prüffeld 122, 123
 Prüfzeichen 61
 PVC 84

Q

Quarzglas 238
 Quelle 57
 Quellencodierer 58
 Quittierung 195

R

Rahmenlänge 244
 RAM-Flags 136
 RAM-Speicher 180
 Raumaufteilung 15
 Raumautomation 19, 43, 170, 173
 Raumheizkörper 20
 Raumluft 37
 Raumtemperatur 36, 171
 Raumtemperaturregler 24
 Reaktionszeit 126
 Redundanz 60
 Referenzgleichspannung 86
 regelbasiertes Melden 287
 Regelbaustein 16
 Regelschema 29
 Regelsequenz 32f.
 Regelwerk 68
 Regler-Objekt 277
 Reichtagsgebäude 217

Reichweite 244
 Remote Collision 233
 Repeater 189, 233
 rezessiv 116
 Ringtopologie 70
 Router 190, 246
 Routing 220, 246
 - dynamisch 251
 - statisch 251
 Routingzähler 121f.
 RS-232 222
 RS-485 187, 222
 Rückruf 225
 Rücksetzen 182
 Ruhestromeinstellung 224

S

Schaltaktor 20, 89, 197ff., 208, 211
 Schaltbefehl 110
 Schalten 28
 Schaltnetzteile 186
 Schaltschrank 22
 SCHEDULE 281
 Schicht 69
 Schichtenmodell 217
 Schichtprotokoll 69
 Schildträger 88, 99
 Schnittstelle 141
 Schraubklemme 90
 Schritt 56
 Schrittgeschwindigkeit 56
 Schutzkleinspannung 142
 Screened Shielded Twisted Pair 229
 Screened Twisted Pair 229
 ScTP 229
 Segmente 233
 Sekundärbereich 243
 Selbsttaktung 65
 Selbsttest 182
 Sendeberechtigung 71, 225
 Senke 57
 Sensor 21f., 88
 Sequenznummer 255
 Server 217
 Service-LED 182
 Services 283
 Service-Taste 182
 Shannon-Fano-Codierung 58
 Shared Medium 232
 Sicherheits 13f., 44, 77
 - -bereich-Objekt 276

- -funktionen 172
 - -hinweise 77
 - -probleme 243
 Sicherungsschicht 69, 219, 224
 Signalelement 53, 56, 64 ff.
 Signalstörungen 186
 Signalverlauf 87
 Sitzungsschicht 220
 Smart-Transceiver 185
 SNVT 200f., 204
 Socket 256
 Sollwertsteller 171, 179
 Sommeranhebung 36
 Sommermonate 38
 Spannungsfall 96
 Spannungsprüfgerät 77
 Spannungsquelle 181
 Spannungsversorgung 88, 93
 Speicherkapazität 54
 SSTP 229
 Startbit 114, 222
 Steckverbindung 183
 Stellantrieb 24, 172
 Stellen 28
 Stemmarbeiten 186
 Sterntopologie 70
 Steuerleitung 84
 Steuerrahmen 226
 Stifteleiste 90
 Stop-and-Wait 256
 Stoppbit 222
 Straight-through-Kabel 231
 Strichcode 182
 Stromstoßschalter 77
 Struktur 187
 - hierarchische 21
 strukturierte Verkabelung 242
 Subnet 189
 Subnetze 253
 Subtraktion 63
 Switch 235
 Symbol 58
 Synchronisierung 193
 Systemgerät 88
 Systemhersteller 45
 Systemsoftware 135f., 138
 Systemtelegramm 118
 Systemuhr 112

T

Tagging 237
 Taktinformation 66
 Taktrückgewinnung 64

Tarifgestaltung 40
 Tastsensor 24, 90
 TCP 254
 TCP-Header 255
 TCP/IP 216
 Teilvermaschung 70
 Telegramm 121
 - Abfrage- 113
 - Bestätigungs- 113, 123
 - -puffer 121
 - Standarddaten- 114
 - Summen- 112
 - Summenbestätigungs- 123
 Temperatursensor 20, 171
 Terminals 289
 Terminator 188
 Terminierung 223
 Tertiärbereich 243
 Three-Way-Handshake 255
 Token 71, 225
 Token-Passing 224
 Token-Passing-Verfahren 71
 Topologie 70, 91
 - Linien- 184
 - Ring- 188
 - Stern- 188
 Touchscreen 39, 160
 TPI-64 93
 TPI-256 93
 TP-UART 133
 tracert 253
 Transceiver 86, 130, 133, 177, 183
 Transistor 116
 Transportschicht 220
 Trend-Aufzeichnung-Objekt 281
 TREND_LOG 282
 Trenntransformator 85
 Treppenhausautomat 77
 Treppenhauslichtfunktion 151
 TTL (Time-to-live) 252
 Tunneling-Routing 259
 Twisted Pair 227
 - -Leitung 85
 Typerkennung 135

U

UART-Zeichen 114
 Übersetzer 67
 Übersprechen 227
 Übertragungsfehler 60, 122
 Übertragungskanal 70

Übertragungsmedien 83
UDP 254, 257
UDP-Header 257
Umcodierung 60
Umprogrammierung 43, 172
Umverdrahtung 43, 172
Unicast 244
Unshielded Twisted Pair 229
Untergruppe 102
Unterverteiler 16
USB-Adapter 203
UTP 229

V

Verbinder 88
Verdrillung 227
Verkabelung 15
Verlegerichtlinien 189
Verlegungsart 185
Vermittlungsschicht 219, 246
Vermittlungstabellen 190
Verteilerschrank 20
Vertragskonstellation 40
Viertelstundenzeitraum 40
Virtual-Terminal-Dienste 289
Visualisierung 41

VLAN (virtuelles LAN) 237
VoIP 243
Voll duplex 223, 225, 235, 242
Vollvermaschung 70
Volumenstromreglers 172
Vorbeugender Frostschutz 32
Vorlauftemperatur 36
Vorzugsformelzeichen 54
Vorzugstelegramm 118

W

Wartezeit 192
Watch-Dog-Funktion 182
Webserver 203, 207
Wechselschalter 80f.
Wechselschaltung 80
Weitschweifigkeit 60
Wellenwiderstand 223
Wetterzentrale 112
Who_has-Abfrage 288
Who_is-Abfrage 288
Wiederholungsbit 113
Wippe 24
Wired-And-Schaltung 116
Wirksinnumkehr 34
WLAN 243

WLAN-Varianten 243
Wohnungsbau 13

X

XFB-Datei 205
XIF-Datei 205, 208

Z

Zählen 27
Zählerdaten 41
Zählwert-Eingabe-Objekt 282
Zeitplan-Objekt 281
Zeitschaltprogramm 23, 37, 39
Zentralstrahl 241
Zertifizierung 132
Zertifizierungsnummer 85
Zigbee 243
Zimmerzutritt 37
Zugriffsklasse 115, 120
- 1 115, 125
- 2 116
Zweckbau 14, 43
Zweig 92
zyklisch 71
zyklische Redundanzprüfung 62